

RESPUESTA DEL MAÍZ A LA FERTILIZACIÓN FOSFORADA EN LA REGIÓN CENTRO DE SANTA FE

FONTANETTO, H.⁽¹⁾; O. KELLER, ⁽¹⁾; S. GAMBAUDO⁽¹⁾ ; J. ALBRECHT⁽²⁾;
G. GIANINETTO⁽³⁾; E. WEDER⁽³⁾; O. Zen⁽⁴⁾ ; I. DAVEREDE⁽⁵⁾ ; y F. O.GARCÍA⁽⁶⁾

⁽¹⁾ EEA INTA Rafaela, Rafaela, Santa Fe, Argentina. C. C. 22. 2300-Rafaela,
hfontanetto@rafaela.inta.gov.ar,

⁽²⁾ Ctro. Primario AFA María Juana afamjuana@afascl.com.ar,

⁽³⁾ Ctro. Primario AFA Humboldt ingenieros_hmb@afascl.com.ar,

⁽⁴⁾ FCA-UNL. ocar.zen@gmail.com,

⁽⁵⁾ Consultor Privado, Cañuelas, Buenos Aires. inesdaverede@gmail.com,

⁽⁶⁾ IPNI Cono Sur. fgarcia@ipni.net

Resumen:

El fósforo (P) es uno de los nutrientes comúnmente deficientes en los sistemas de producción de la región centro de Santa Fe. Los objetivos de este trabajo fueron evaluar la respuesta del cultivo de maíz a la fertilización fosfatada en diferentes ambientes y determinar los niveles críticos de fósforo extractable (P Bray 1). Se llevaron a cabo 34 ensayos a campo en diversos sitios y años. El diseño de los ensayos fue en bloques completos al azar con 4 repeticiones. Los tratamientos incluyeron un testigo y tres dosis de P aplicadas al costado y debajo de la semilla como superfosfato triple. Los niveles de P Bray en el suelo se dividieron arbitrariamente en 4 categorías: 5-9.9 mg kg⁻¹, 10-14.9 mg kg⁻¹, 15-20 mg kg⁻¹ y niveles mayores a 20 mg kg⁻¹. El modelo de respuesta en rendimiento del cultivo de maíz en función de la dosis aplicada de P que mejor ajustó para los tres rangos más bajos de P Bray en el suelo fue lineal-plateau. No se encontraron respuestas a la fertilización fosforada en sitios con valores de P Bray por encima de los 20 mg/kg. Las EUP fueron similares para los rangos de P Bray entre 5 y 9.9 mg/kg y entre 10 y 14.9 mg/kg, promediando 62 kg grano/kg P, y fue de 38 kg grano/kg P para los sitios con valores de P Bray entre 15 y 20 mg kg⁻¹. El nivel crítico de P Bray determinado fue de 18 mg kg⁻¹ según la metodología de Cate y Nelson.

Palabras clave: maíz, fósforo, nivel crítico.

Introducción

El fósforo (P) es uno de los nutrientes comúnmente deficientes en los sistemas de producción de la región centro de Santa Fe (Fontanetto et al., 2008). Las respuestas a la fertilización fosfatada han sido evaluadas en trigo, soja, maíz, alfalfa y pasturas consociadas (Vivas et al., 2000; Fontanetto et al., 2009). Sin embargo, no se han determinado de manera específica los niveles de críticos de P extractable para el cultivo de maíz. Los objetivos de este trabajo fueron evaluar la respuesta del cultivo de maíz a la fertilización fosfatada en diferentes ambientes de la región centro de Santa Fe y determinar los niveles críticos de fósforo extractable (P Bray 1).

Materiales Y Métodos

Se llevaron a cabo 34 ensayos a campo sobre suelos argiúdoles típicos (AT) y ácuicos (AA) en 2004/05 (S. J. Norte, Nelson, M. Juana y San Carlos sobre AT y Esperanza y S. Justo sobre AA), 2005/06 (S. Justo, Videla, Humboldt, Esperanza, S. Carlos y M. Juana sobre AT y L. Campbell sobre AA), 2006/07 (S. Justo, Humboldt, C. Silvia, S. Carlos y M. Juana sobre

AT y Videla sobre AA), 2007/08 (Videla, Rafaela, S. Carlos y M. Juana sobre AT y R. de Avila, San Justo y Esperanza sobre AA), y 2008/09 (S. Justo, Esperanza, Rafaela, S. J. Norte y M. Juana sobre AT y Humboldt, S. Carlos y Rafaela sobre AA) en la zona centro de la provincia de Santa Fe. El diseño de los ensayos fue en bloques completos al azar con 4 repeticiones. Los tratamientos incluyeron un testigo y tres dosis de P (10, 20 y 30 kg P ha⁻¹) aplicadas al costado y debajo de la semilla como superfosfato triple. Se aplicó nitrógeno y azufre en cantidades suficientes para evitar deficiencias de estos macronutrientes. Previo a la siembra, se tomaron muestras de suelos de cada sitio a 20 cm de profundidad y se analizó P Bray 1, pH (1:2.5) y materia orgánica (MO). Los niveles de P Bray 1 variaron entre 6.4 y 36.7 mg kg⁻¹, los de pH entre 5.8 y 6.0 y los de MO entre 2.10% y 3.12%.

El análisis estadístico incluyó análisis de variancia con un modelo mixto en donde los sitios anidados en los años se consideraron aleatorios. Las dosis de P se consideraron variables fijas. Los rendimientos de las parcelas testigo relativos a los máximos rendimientos se calcularon como el cociente entre el rendimiento promedio por sitio/año del tratamiento testigo y el rendimiento promedio de los rendimientos máximos por sitio/año.

Los niveles de P Bray en el suelo se dividieron arbitrariamente en 4 categorías: 5-9.9 mg kg⁻¹, 10-14.9 mg kg⁻¹, 15-20 mg kg⁻¹ y niveles mayores a 20 mg kg⁻¹. Se ajustaron funciones lineal-plateau y cuadrática-plateau para relacionar las respuestas del cultivo de maíz a dosis crecientes de P para cada rango de niveles de P en el suelo, eligiéndose las funciones con el mejor ajuste.

Resultados Y Discusión

Respuesta del cultivo de maíz a la fertilización fosforada según el nivel de P Bray del suelo

El efecto Dosis P x sitio (año) sobre el rendimiento del cultivo de maíz fue significativo ($P < 0.001$). El modelo de respuesta en rendimiento del cultivo de maíz en función de la dosis aplicada de P que mejor ajustó para los tres rangos más bajos de P Bray en el suelo (5-9.9, 10-14.9 y 15-20 mg kg⁻¹) fue lineal-plateau. Para los rangos de P Bray entre 5 y 9.9 mg kg⁻¹ y entre 10 y 14.9 mg kg⁻¹, la respuesta fue muy parecida y lineal hasta la dosis de 20 kg ha⁻¹ de P (Fig. 1 y 2); mayores dosis no incrementaron el rendimiento máximo promedio de 10240 kg ha⁻¹ y 11100 kg ha⁻¹ para cada rango, respectivamente (Tabla 1).

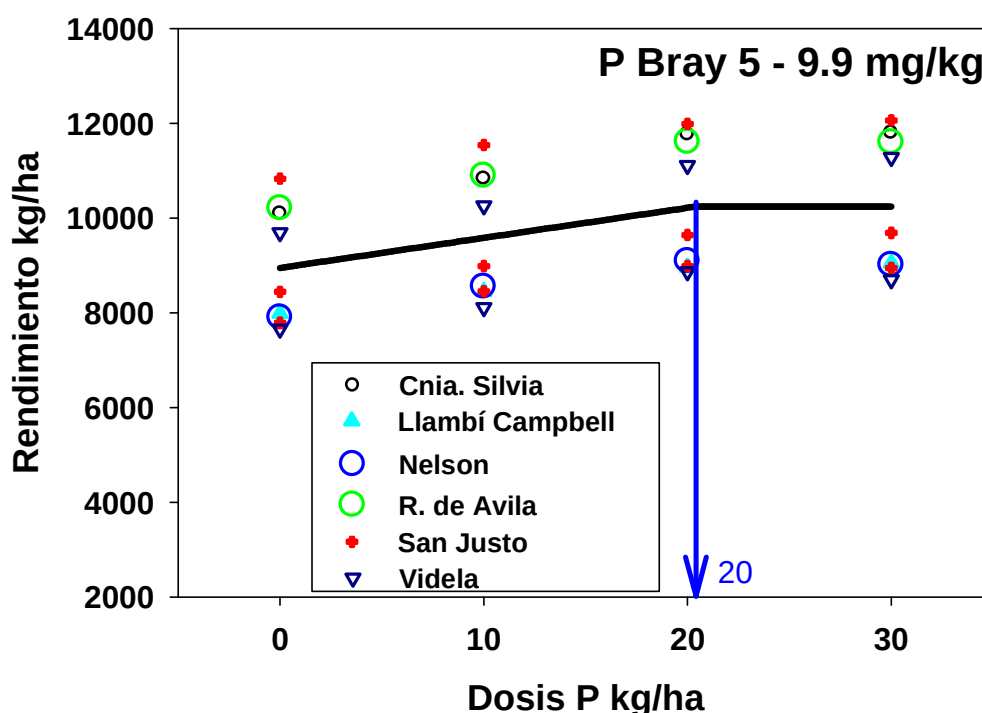


Figura 1. Respuesta del cultivo de maíz a dosis crecientes de P para niveles de P Bray del suelo entre 5 y 9.9 mg kg⁻¹ y para distintos sitios y años en la región Centro de Santa Fe. Los puntos representan el promedio de 4 repeticiones.

Tabla 1. Índices agronómicos para híbridos de maíz cultivados en sitios con distintos niveles de P Bray en el suelo.

Nivel P Bray suelo (mg kg ⁻¹)	Rendimiento testigo (kg ha ⁻¹)	Rendimiento máximo (kg ha ⁻¹)	Respuesta (kg ha ⁻¹)	Kg P ha ⁻¹ para llegar al rendimiento máximo	EUP (kg grano/kg P)
5-9.9	8948	10239	1291	20	63
10-14.9	9898	11087	1190	20	60
15-20	9766	10608	842	22	38
>20	10962	10962	0	0	0

La respuesta a la fertilización fosforada en sitios con niveles de P Bray entre 15 y 20 mg kg⁻¹ fue menor a la encontrada para los niveles inferiores de P Bray en el suelo. La respuesta en kg ha⁻¹ para todos los sitios-año promedió 850 kg ha⁻¹, alrededor de 400 kg ha⁻¹ menos que la respuesta encontrada para los dos niveles inferiores de P Bray (5-9.9 y 10-15 mg kg⁻¹). Sin embargo, los kg de P necesarios para llegar al máximo rendimiento fueron muy parecidos, promediando 22 kg ha⁻¹ (Fig. 3). No se encontraron respuestas a la fertilización fosforada en sitios con valores de P Bray por encima de los 20 mg kg⁻¹.

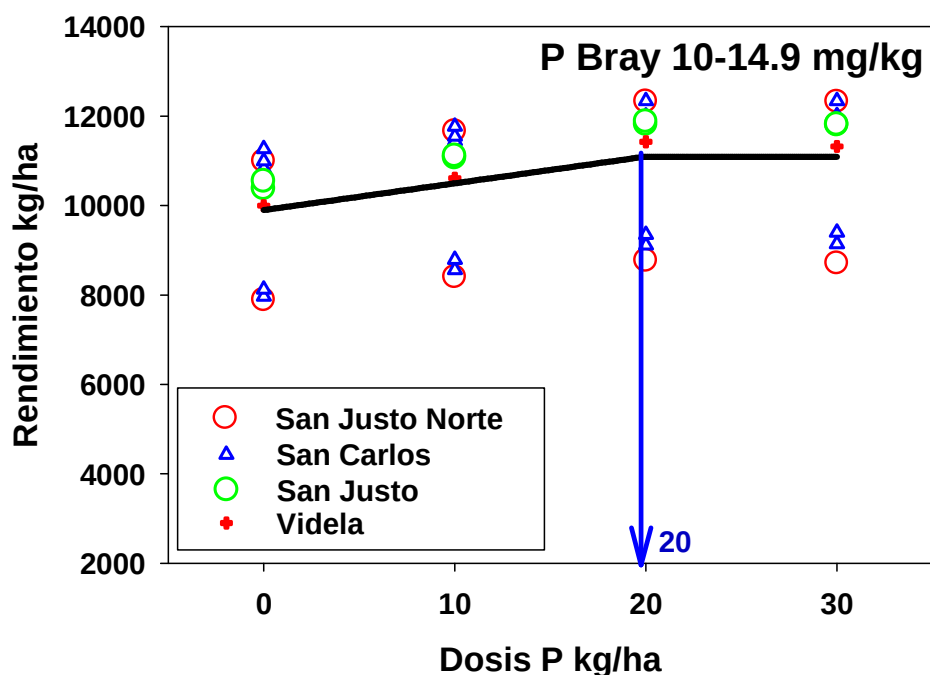


Figura 2. Respuesta del cultivo de maíz a dosis crecientes de P para niveles de P Bray del suelo entre 10 y 14.9 mg kg⁻¹ y para distintos sitios y años en la región Centro de Santa Fe. Los puntos representan el promedio de 4 repeticiones.

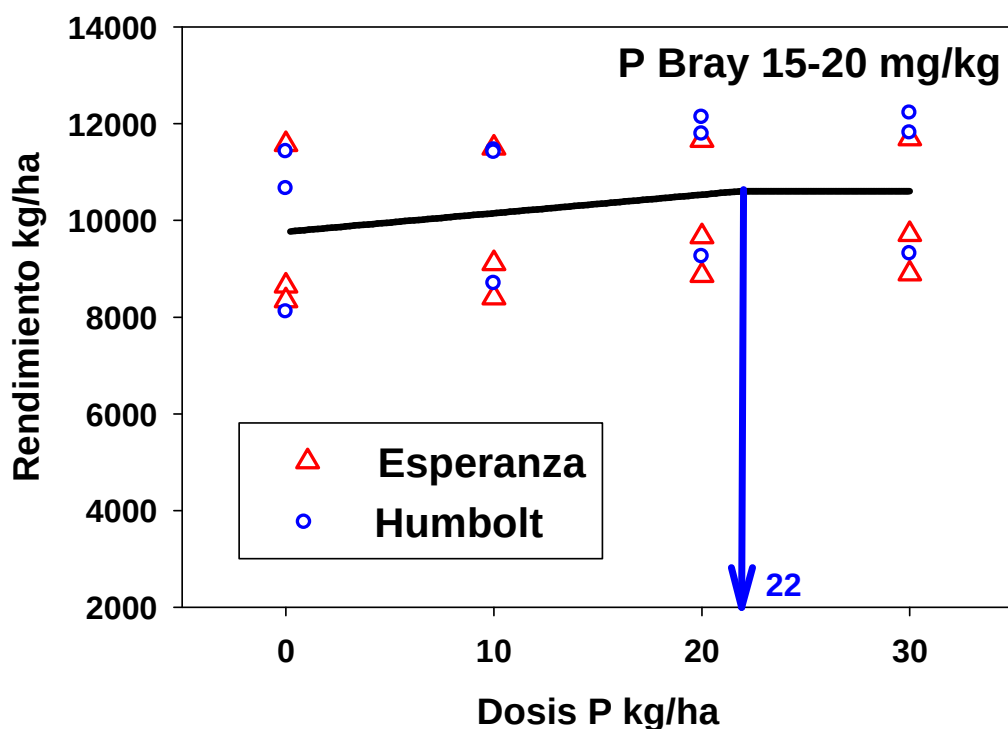
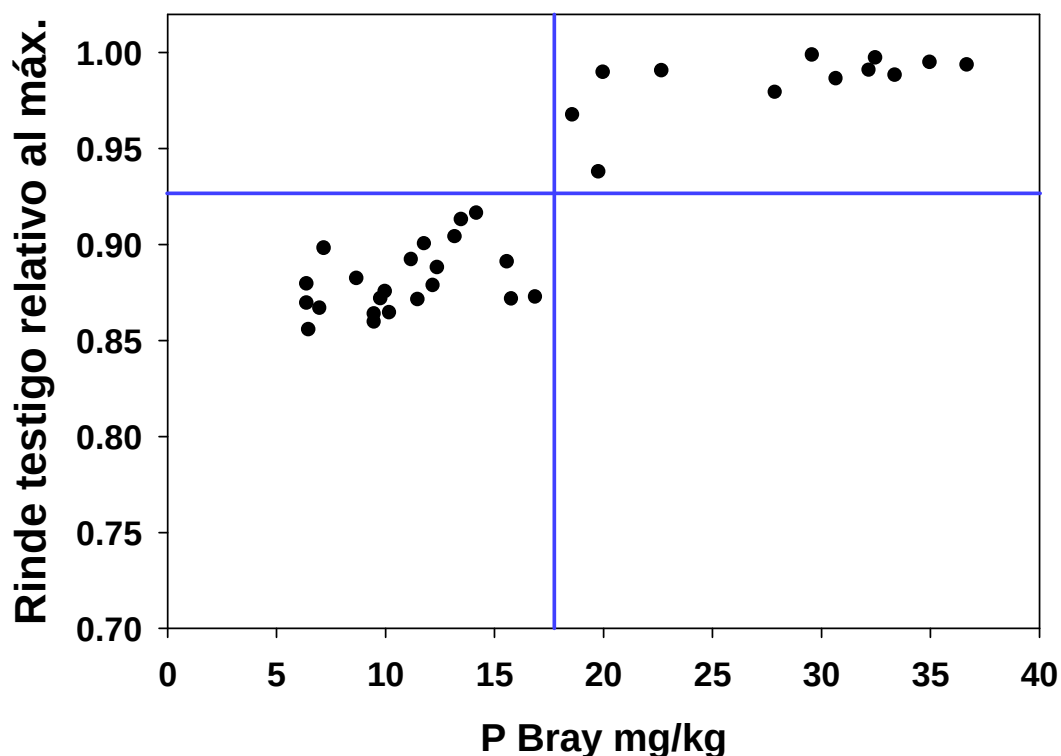


Figura 3. Respuesta del cultivo de maíz a dosis crecientes de P para niveles de P Bray del suelo entre 15 y 20 mg kg⁻¹ y para distintos sitios y años en la región Centro de Santa Fe. Los puntos representan el promedio de 4 repeticiones.

La respuesta del maíz a la fertilización fosforada descendió al incrementarse los niveles de P Bray en el suelo (Tabla 1). Considerando un precio de maíz de U\$S 115/T y un costo de U\$S510/T de SFT (Revista Márgenes Agropecuarios, Enero 2010), la fertilización fosforada no es redituable a eficiencia de uso de P (EUP) menores a 22 kg grano/kg P. Las EUP fueron similares para los rangos de P Bray entre 5 y 9.9 mg kg⁻¹ y entre 10 y 14.9 mg kg⁻¹, promediando 62 kg grano/kg P. Para los sitios con valores de P Bray entre 15 y 20 mg/kg, la EUP promedió 38 kg grano/kg P, siendo así redituable la fertilización fosforada y no siéndolo a valores de P Bray mayores a 20 mg kg⁻¹. Por lo tanto, para la región Centro de Santa Fe, se recomienda fertilizar a niveles de P Bray por debajo de 20 mg kg⁻¹ con 20 kg P ha⁻¹ para obtener los máximos rendimientos y beneficios económicos.

Nivel crítico de P Bray para todos los sitios y años

Con el fin de encontrar un valor crítico por encima del cual no se encuentra una respuesta a la fertilización fosforada, se relacionaron los rendimientos de las parcelas testigo relativas a los máximos rendimientos con los valores de P Bray según la metodología de Cate & Nelson (1965) (Fig. 4). La respuesta del cultivo de maíz a la fertilización fosforada fue mayor al 7% con respecto al testigo en sitios con niveles de P Bray en el suelo menores a 18 mg kg⁻¹. La respuesta del maíz en sitios con P Bray mayores a 18 mg kg⁻¹ fue menor al 7% con respecto al testigo.



Conclusiones

- La respuesta del maíz a la fertilización fosforada resultó significativa y redituable con los precios considerados a valores de P Bray menores a 20 mg kg⁻¹.
- Las EUP fueron similares para los rangos de P Bray entre 5 y 9.9 mg kg⁻¹ y entre 10 y 14.9 mg kg⁻¹, promediando 62 kg grano/kg P, y fue de 38 kg grano/kg P para los sitios con valores de P Bray entre 15 y 20 mg kg⁻¹.
- El nivel crítico de P Bray determinado fue de 18 mg kg⁻¹ según la metodología de Cate y Nelson.

Bibliografía

- Cate, R.B.Jr. & L.A. Nelson. 1965. A rapid method for correlation of soil test analyses with plant response data. North Carolina Agric. Exp. Station, International Soil Testing Series, Technical Bulletin No. 1. Raleigh.
- Fontanetto, H. ; O. Keller ; D. Giailevra ; L. Belotti & C. Negro. 2008. Fertilización fosfórica del trigo en la región central de Santa Fe. Respuesta física del cultivo, eficiencia de uso del P y niveles críticos en el suelo. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información Técnica de Trigo y otros cultivos de invierno. Campaña 2008. Publicación Miscelánea N° 109: 28-34.
- Fontanetto, H. ; O. Keller ; J. Albretch ; D. Giailevra ; C. Negro & L. Belotti. 2009. Manejo de la fertilización de la soja en la región pampeana norte y en el NOA argentino AAPRESID, Soja en Siembra Directa. Revista Técnica Especial (ISSN 1850-0633): 43-58.
- Vivas, H. S. & O. Quaino. 2000. Fósforo y enmienda cálcica para la producción de alfalfa en dos suelos del centro este de Santa Fe. 1998/99. Actas CD XVIIº Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata, 11-14 de abril de 2000.